03/05

steeldoc

Acier patinable



Table des matières

Compétence en construction métallique

Le Centre suisse de la construction métallique SZS est une organisation professionnelle qui réunit les entreprises de construction métallique, les fournisseurs et sous-traitants et les bureaux d'études les plus importants de Suisse. Avec ses actions, les SZS atteint un large public de concepteurs, d'institutions et de décideurs. Le SZS informe ses membres et le public de l'évolution dans la construction métallique et offre un forum pour les échanges et la collaboration. Le SZS met à disposition les informations techniques, encourage la recherche et la formation des professionnels et s'engage dans la collaboration au-delà des frontières. Ses membres profitent d'une vaste palette de prestations.

www.szs.ch

Centre suisse de la construction métallique
Stahlbau Zentrum Schweiz
Centrale svizzera per la costruzione in acciaio

Editorial



La rouille est la couleur naturelle de l'acier lorsqu'il est exposé aux intempéries. Il n'est pas nouveau que des architectes ressentent une surface de matériau comme une valeur esthétique. La surface rugueuse et d'un brun régulier de l'acier est – s'il est employé à bon escient – d'une beauté originale, naturelle et durable. Dans le cas de l'acier patinable, la rouille n'est pas le signe d'une dégradation du matériau mais constitue une couche de protection naturelle – une patine – formée sous l'effet des influences extérieures. Ici, la rouille protège l'acier.

L'acier corten est apparu dans les années '70, lançant le défi de l'utilisation, dans l'architecture, de la modification naturelle de la surface de l'acier. Depuis cette époque-là, l'acier patinable a acquis une réputation douteuse – injustifiée, comme nous le savons aujourd'hui. A condition d'observer quelques règles de base, un édifice réalisé en acier patinable n'est pas seulement beau mais aussi durable et compatible avec l'environnement. Le désir de nombreux architectes de montrer la nature des matériaux apparaît clairement dans l'architecture contemporaine. Dans la structure et dans le choix des matériaux, on n'aime pas le camouflage mais la sincérité. La patine d'un matériau n'est pas seulement acceptée, elle est même recherchée, en tant que signe de la résistance de l'ouvrage aux changements de style et à la griffe du temps. La durabilité témoigne aussi de la capacité de l'ouvrage à perdurer.

Le présent numéro de Steeldoc a pour thème l'acier patinable et fournit un véritable « mode d'emploi » pour son application. L'article du professeur Fischer, introduisant le sujet, a été adapté aux normes et à la terminologie suisses, et il fournit une explication de tous les facteurs dont il faut tenir compte dans l'emploi de ce matériau. Nous publions également un essai, portant sur le développement des ponts en acier patinable, écrit pour Steeldoc par le Laboratoire de la construction métallique (ICOM) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Enfin, un résumé des points principaux sous forme d'une check-list est proposé comme aide à la conception. Pour illustrer notre sujet, nous présentons deux bâtiments de musée recourant à l'acier patinable.

A nos lecteurs et lectrices, nous souhaitons beaucoup de plaisir et d'enrichissement lors de l'étude des pages suivantes de Steeldoc.

Evelyn C. Frisch

Acier patinable – propriétés et application

par Manfred Fischer

L'acier résistant aux intempéries – dit patinable – est un paradoxe esthétique, ce qui fait précisément son charme et son intérêt. Le ton foncé et légèrement changeant de sa surface paraît chaud et naturel mais en même temps aussi rugueux et puriste. Son attrait singulier réside précisément en une chose que d'habitude personne ne désire voir apparaître : la rouille.

Normalement, on cherche à éviter la formation de rouille. Cependant, dans le cas de l'acier patinable, l'oxydation consciemment recherchée des surfaces a un effet tout autre que celui de la corrosion indésirable : alors que dans le cas de la corrosion, la rouille s'étend et pénètre toujours davantage, ici, la couche de rouille protège le matériau de la destruction.

Certes, par le passé, l'acier patinable a dû lutter contre la réputation d'être sujet à des dégradations, en raison de quelques déficiences dans sa mise en œuvre.
Mais à présent, il peut être employé en toute sécurité et présente de nombreux avantages. Malgré un prix légèrement plus élevé, il ne manque pas d'atouts économiques, car il permet d'éviter les frais de la protection contre la corrosion. En outre, les atteintes à l'environnement occasionnées par l'application, le nettoyage, l'élimination et le recyclage des revêtements peuvent être évitées.

Historique

Les premiers aciers résistant aux intempéries ont été mis au point en Allemagne, à partir de 1926. C'est l'acier « Union-Baustahl », un acier allié au chrome et au cuivre, breveté par la Vereinigte Stahlwerke AG en 1928, qui fut le premier à apparaître sur le marché mais initialement, il n'a été utilisé que pour les structures munies de revêtement. Toutefois, en raison de la nécessité d'économiser le chrome et le cuivre pendant et immédiatement après la Deuxième Guerre mondiale, son application fut bientôt suspendue.

L'acier patinable laissé sans revêtement a été d'abord expérimenté aux Etats-Unis. La réalisation, en 1963, du bâtiment d'administration de la John Deere Company à Moline par Eero Saarinen a donné une impulsion essentielle par le choix de l'acier patinable sans protection pour les éléments de façade et les parties extérieures de l'ouvrage. Il fut bientôt rejoint par Ludwig Mies van der Rohe utilisant le nouveau matériau pour le revêtement extérieur du Civic-Center à Chicago, par exemple. Grâce à une campagne publicitaire intense en faveur de l'acier corten, produit d'un fabricant d'acier américain, l'acier patinable laissé sans protection fut bientôt utilisé également dans d'autres pays, dont la Suisse depuis 1970 environ.

Définition et propriétés

Selon la norme SN EN 10020, l'acier patinable fait partie des aciers spéciaux. A l'opposé des aciers alliés habituels, la teneur des éléments d'alliage est, dans ce cas, faible. Il existe dans le monde de nombreux aciers résistants aux intempéries, la table ci-dessous en énumère les plus importants. Le nom de marque

Désignation de l'acier		Teneur en %									Limite d'élasticité minimale (N/mm²)
selon EN 10027-1 et ECISS-IC 10	selon EN 10027-2	C max.	Si max.	Mn	P	S max.	N max.	Cr	Cu	Ni max.	épaisseur t ≤ 16
S235J0W S235J2W	1.8958 1.8961	0,13	0,40	0,20 à 0,60	max. 0,040	0,040 0,035	0,009 –	0,40 à 0,80	0,25 à 0,55	0,65	235
S355J0WP S355J2WP	1.8945 1.8946	0,12	0,75	max. 1,0	0,06 à 0,15	0,040 0,035	0,009 –	0,30 à 1,25	0,25 à 0,55	0,65	355
S355J0W S355J2G1W S355J2G2W S355K2G1W S355K2G2W	1.8959 1.8963 1.8965 1.8966 1.8967	0,16	0,50	0,50 bis 1,50	max. 0,040 max. 0,035 max. 0,035 max. 0,035 max. 0,035	0,040 0,035 0,035 0,035 0,035	0,009 – – – –	0,40 bis 0,80	0,25 bis 0,55	0,65	355

Composition chimique des aciers patinables selon l'analyse par fusion (SN EN 10155) et limite d'élasticité minimale pour des épaisseurs t ≤ 16 mm. La variation de la limite d'élasticité et de l'allongement à la rupture en fonction de l'épaisseur est comparable à celle des aciers de construction non alliés.

des aciers provenant de différents producteurs n'est pas mentionné dans la norme, mais en général, les numéros de matériau permettent de les identifier. Fondamentalement, on distingue entre les aciers comprenant du chrome et du cuivre (classe W) et ceux qui, en outre, contiennent du phosphore dans une proportion de 0,06 – 0,15 % (classe WP). Ces derniers ne sont pas admis dans certains pays, comme en Allemagne par exemple.

Formation d'une couche de protection
Ce qui caractérise l'acier patinable, c'est la formation, en un à deux ans, dans des conditions d'alternance naturelle d'humidité et de sécheresse, d'une couche couvrante de couleur rouille. L'oxydation des éléments d'alliage entrant en réaction chimique avec le dioxyde de soufre contenu dans l'atmosphère produit des sels difficilement solubles, qui forment une couche de rouille amorphe adhérant, avec une fermeté relative, à la surface de l'acier. Cette couche entrave par la suite l'accès de l'eau, de l'oxygène et du dioxyde de soufre et ralentit considérablement les réactions ultérieures de l'acier. En fait, ce processus ne prend jamais fin, mais, en cas de mise en œuvre appropriée, il est à tel point ralenti que les éléments réalisés en cette matière perdurent sans problème au-delà de la durée de vie habituelle des bâtiments.

Bien que cette couche de protection contienne des fissures fines, invisibles à l'œil nu, le métal ainsi exposé reste protégé contre la corrosion – pour autant que, après de brèves périodes d'humidité, la surface puisse sécher de nouveau. Par contre, en cas d'humidité permanente, ces points deviennent actifs et les fissures s'élargissent du fait du progrès de la corrosion. Dans ce cas, la résistance améliorée à la corrosion disparaît, et l'acier patinable rouille comme l'acier non allié.

Couleur
Dans le cas des surfaces directement exposées aux intempéries, la couche de rouille prend, au bout de quelques semaines déjà, une couleur brun clair laquelle, avec le temps, devient plus foncée (fig. 5). Ici, la corrosion creuse des petites cuvettes qui rendent la surface plus rugueuse que celles qui ne sont exposées à l'humidité que par condensation ou par une humidité relative de l'air supérieure à 60 % (exposition indirecte). La couleur de ces dernières surfaces est en général plus claire et plus homogène, sauf si elles restent humides pendant longtemps, soit qu'elles ne sont pas bien aérées.

Une coloration inégale se présente si les différentes parties de la surface de l'acier sont exposées à des conditions diverses : intensité ou durée différentes de l'humidité, différences de température. Les différences



Accès à l'ascenseur de la vieille ville «Paseo del Óvalo», Teruel/Espagne 2003, Architecte: David Chipperfield



Coloration différenciée de l'acier patinable en fonction de l'âge de la construction : deux cheminées d'usine – celle de gauche a acquis sa couleur définitive, celle de droite n'a que quelques mois et présente une rouille plus claire.

de couleurs ne sont en général perceptibles que si elles se présentent simultanément sur la même surface comme par exemple dans le cas d'une coulée irrégulière, concentrée à un endroit.

Corrosion galvanique

L'acier patinable est exposé à la corrosion galvanique lorsqu'il entre en contact avec un métal plus noble (par exemple aciers fortement alliés, cuivre, plomb ou étain) à travers un électrolyte, comme l'eau polluée. Dans des circonstances analogues, les métaux moins nobles que l'acier, comme le zinc ou l'aluminium, peuvent être attaqués par l'acier patinable. Le rapport entre les masses des métaux joue également un rôle.

Résistance à la corrosion

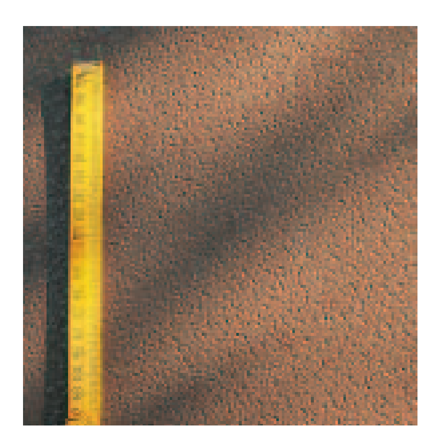
Comme dans le cas d'autres matériaux de construction, l'aptitude des éléments en acier patinable à remplir leurs fonctions dépend essentiellement d'une mise en œuvre appropriée. Le microclimat qui règne à un endroit précis de l'ouvrage y joue un rôle non moins important que le climat global et que les substances agressives présentes dans l'atmosphère auxquels l'ouvrage se trouve exposé. Pour arriver à un niveau optimal de la résistance à la corrosion, les conditions suivantes doivent être remplies :

- absence d'humidité permanente
- alternance d'humidité et de sécheresse
- teneurs faibles en substances agressives:
  - absence de chlorure provenant de la mer ou du salage
  - teneur de l'air en dioxyde de soufre au maximum 50 µg/m^3
  - absence de fumées industrielles concentrées.

Perte d'épaisseur et sa compensation

Pour les structures porteuses exposées aux intempéries, dont la résistance pourrait être affectée par la rouille, la plupart des directives exigent une surépaisseur de 1 à 2 mm. De même, pour les parties d'ouvrage dont c'est l'aptitude au service qui pourrait souffrir de la rouille, par exemple dans le cas de tôles minces, il est recommandé d'évaluer à l'avance la perte d'épaisseur due à la rouille et d'en tenir compte dès la conception. Les surépaisseurs dépendent de la charge de corrosion de l'ouvrage.

La Directive (allemande) 007 de la DASt (Livraison, façonnage et emploi des aciers résistants aux intempéries, Commission allemande pour la construction métallique, Cologne 1993), mentionne trois classes de charge de corrosion (importante, moyenne, légère) et trois catégories d'atmosphères, à savoir : industrie, ville et campagne. Sans parler du fait que, de nos jours, l'atmosphère de la campagne ne diffère guère



Surface alvéolée, d'un brun foncé, de l'acier patinable directement exposé aux intempéries

de celle de la ville, voire de celle de l'industrie, comme nous l'avons déjà mentionné, le microclimat influence également la corrosion, comme l'aération ou l'impact de sel. Pour cette raison, nous recommandons – empruntant à la norme SN EN ISO 12944 – un modèle de classement plus adapté à la pratique : le concepteur peut, à l'aide d'une table, établir les valeurs estimées des facteurs d'influence et de leur intensité et attribuer l'ouvrage à une classe de corrosivité :

- C1 insignifiante
- C2 faible
- C3 modérée
- C4 forte
- C5-I très forte (Industrie)
- C5-M très forte (Mer)

La classe de corrosivité C2 représente les conditions optimales pour les ouvrages à l'extérieur. Les surfaces d'acier sous le tablier des ponts correspondent, par exemple à cette classe. En cas d'une exposition directe à l'humidité, dans un climat modéré et une atmosphère peu chargée de substances corrosives – comme c'est valable aujourd'hui pour une large partie de la Suisse – on peut opter pour la classe de corrosivité C3, si l'ouvrage est conçu de façon appropriée (construction sans interstices) et en l'absence de conditions d'environnement spécialement négatives comme par exemple une mauvaise aération. Les conditions de la classe C5 ne conviennent pas à l'emploi de l'acier patinable laissé sans revêtement.

Techniques d'assemblage

En opposition aux assemblages boulonnés, les assemblages soudés ont l'avantage d'éviter des interstices. L'humidité peut, en effet, pénétrer dans les interstices directement, par l'humidité de l'air, par condensation ou par effet de capillarité et, à la longue, provoquer une forte corrosion. Toutefois, si un interstice est suffisamment serré, c'est-à-dire que la rouille ne peut pas élargir l'interstice, le processus de corrosion est interrompu faute d'arrivée d'oxygène.

Assemblages soudés

Les aciers patinables peuvent être soudés par les procédés habituels dans la construction métallique – aussi bien entre eux qu'avec les aciers non alliés aptes au soudage. Une pellicule déjà formée doit être enlevée, par exemple par meulage, sur une largeur de 10 à 20 mm, pour éviter la formation de fissures à chaud sur la surface par des alliages cuivre-fer à bas point de fusion.

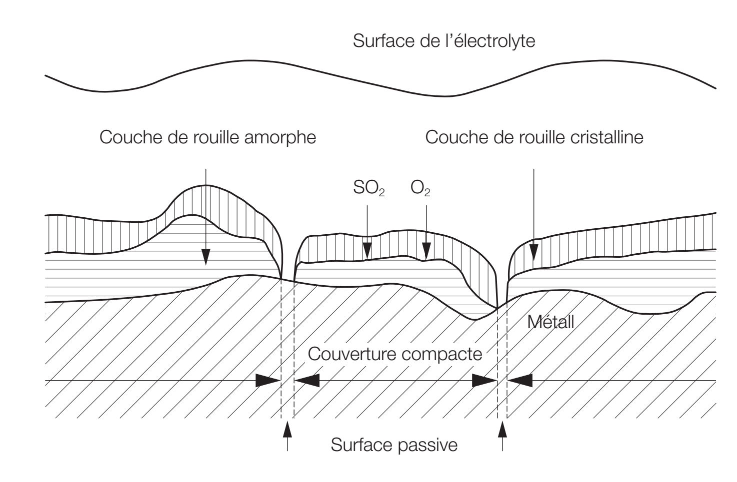
Si l'acier patinable est laissé sans revêtement, les matériaux d'apport de soudage doivent également résister aux intempéries. Pour le soudage des aciers de la classe WP, des mesures de prudence particulières doivent être prises en raison de leur teneur élevée en phosphore. En cas d'exposition directe des assemblages soudés, les cordons de soudure discontinus ne sont pas admis ; ils le sont en cas d'exposition indirecte. Dans ce cas, la longueur de la zone non soudée ne doit pas dépasser le décuple de la plus petite des épaisseurs de tôle, afin d'éviter l'apparition de la rouille.

Assemblages boulonnés

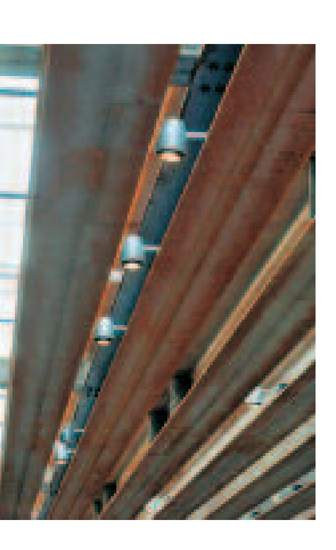
Si un assemblage boulonné est directement exposé à l'humidité, le revêtement des surfaces en contact est nécessaire. Si l'exposition est seulement indirecte ou inexistante, ces surfaces peuvent rester sans revêtement. Toutefois, pour y éviter la formation de rouille, une certaine distance entre les boulons doit être respectée. Il existe, certes, des boulons et des rondelles en acier patinable, mais ils sont parfois difficiles à trouver dans le commerce. Comme, dans le cas d'assemblages directement exposés, la zone de contact entre les éléments de construction et les boulons doit, de toute façon, être protégée par un revêtement, les boulons normaux peuvent y être employés.

Les boulons en acier fortement allié peuvent également être employés. Certes, théoriquement, l'acier fortement allié et l'acier patinable pourraient former une pile galvanique et favoriser la corrosion au détriment du second, mais l'expérience montre qu'il n'en résulte pas de dégâts, la masse des boulons étant relativement faible par rapport à celle de l'élément en acier patinable.

Dans le cas de boulons zingués, la corrosion galvanique peut produire le transfert du zinc sur l'acier pati-



Représentation schématique de la couche de rouille d'un acier à forte exposition aux intempéries



Poutre du toit apparente en acier patinable, Musée du camp soviétique spécial, Sachsenhausen 2001, Architectes : Schneider + Schumacher

nable où son dépôt devient visible. Dans les assemblages directement exposés, le zingage – sans autre revêtement – est insuffisant. Mais si l'exposition est seulement indirecte, l'observation d'ouvrages réalisés a montré que le transfert de zinc est minime si la zone concernée ne reste humide que pour peu de temps.

Traitement

La pellicule de laminage sur des produits en acier patinable laminés à chaud adhère assez fortement à la surface. Si on désire obtenir une surface optiquement homogène, cette pellicule doit être enlevée par sablage. Dans le cas de surfaces directement exposées, c'est en général recommandable, car autrement dans les zones où la pellicule est délavée, l'humidité peut éventuellement demeurer un temps plus long.
Tout comme les aciers de construction non alliés, les aciers patinables peuvent – après une préparation adéquate – recevoir un revêtement. Les raisons peuvent en être d'ordre technique ou esthétique – si, par exemple, les conditions exigées par ce matériau ne peuvent pas être respectées. Comme dans le cas des aciers de construction habituels, les surfaces doivent être au préalable nettoyées de la rouille.
A l'extérieur des bâtiments, l'application de revêtements transparents sur des surfaces qui ont déjà été exposées aux intempéries – par exemple pour éviter que la rouille ne salisse d'autres parties de l'ouvrage ou des passants – ne s'est pas révélée utile. La durée de vie de tels revêtements est beaucoup trop courte. En outre, les surfaces présenteraient bientôt des taches à cause du détachement irrégulier du revêtement. Dans les espaces intérieurs, les conditions pour l'application de tels revêtements peuvent être plus favorables – dans ce cas, les parties mal adhérentes doivent être enlevées préalablement. Pour les surfaces exposées au frottement par toucher fréquent ou par la marche, un revêtement ne convient en général pas.

Inspection et entretien

Selon la Directive 007 de la DASt, le comportement à la corrosion des structures porteuses, dont la résistance doit être vérifiée et dont les surfaces sont exposées

Degrés d'humidité	1. Charge faible en substances corrosives	2. Forte charge de dioxyde de soufre	3. Forte charge de sel
Conditions d'humidité effectives auxquelles l'ouvrage est exposé, créées par des précipitations, l'écoulement de l'eau ou condensation, cette dernière à une humidité relative de l'air de 70–80 % et une température au-dessus de 0°C	$SO_2 \leq 40\ \mu g/m^3$ et $Cl \leq 60\ mg/m^2 \cdot d$	$SO_2 \leq 250\ \mu g/m^3$ et $Cl \leq 60\ mg/m^2 \cdot d$	$Cl \leq 300\ mg/m^2 \cdot d$ et $SO_2 \leq 40\ \mu g/m^3$
1. A l'intérieur, à faible humidité de l'air, sans condensation (locaux climatisés par exemple)	C1	ne s'applique pas	ne s'applique pas
2. Alternance humide-sec, condensation pendant courtes périodes seulement (par exemple à l'extérieur avec exposition indirecte et bonne aération ou à l'intérieur, dans des bâtiments sans chauffage)	C2	C2/3	C3/4
3. Alternance humide-sec, en fonction des conditions atmosphériques seulement (à l'extérieur : surfaces lisses, bien aérées)	C3	C4	C4
4. Alternance humide-sec avec des périodes humides plus longues que déterminées par les conditions atmosphériques seulement (par exemple ouvrages mal aérés ou comprenant des nids de saletés)	C4	C5	C5
5. Alternance humide-sec avec des périodes humides très longues : humidité pratiquement permanente (par exemple ouvrages mal aérés avec des interstices défavorables ou avec des salissures supplémentaires)	C4/5	C5	C5

Classes de corrosivité pour climat modéré, en fonction des degrés d'humidité et des conditions atmosphériques

aux intempéries doit être contrôlé. Pour déterminer les pertes d'épaisseur des pièces, celle-ci doit être mesurée par des appareils à ultrason, à des périodes déterminées. Il est naturellement dans l'intérêt du maître de l'ouvrage que lors des inspections on vérifie également si l'ouvrage ne présente pas des points faibles – des endroits qui contiennent, de façon imprévue, de l'humidité, par exemple sous la saleté, des feuillages ou de la rouille accumulées. A ces endroits, il existe localement un danger de pertes d'épaisseur plus importantes lesquelles pourraient échapper aux autres mesures. Avec le temps, les arbres et les buissons grandissent, ce qui peut également exercer un effet pernicieux sur l'ouvrage car par là, l'aération est considérablement entravée. Les points faibles doivent être, autant que possible, rapidement éliminés par du personnel compétent. Un questionnaire d'entretien peut être utile :

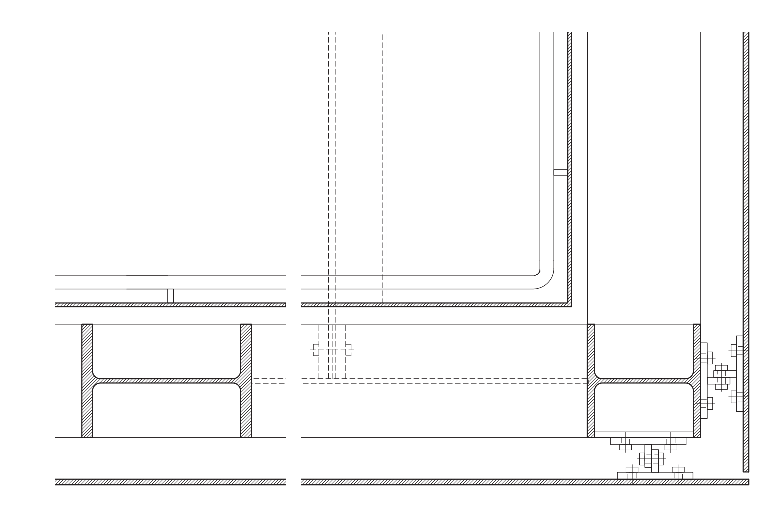
- existe-t-il des endroits avec de la rouille claire indiquant un processus de corrosion en progrès ?
- existe-t-il des endroits humides en permanence ?
- existe-t-il des coulées d'eau susceptibles de teinter l'ouvrage de façon irrégulière ?
- les soubassements sont-ils salis ?
- existe-t-il des propositions de solutions simples mais efficaces pour éliminer les défauts constatés ?

Economie

L'emploi de l'acier patinable laissé sans revêtement de protection pose la question de sa rentabilité, à savoir s'il est plus avantageux que l'acier de construction non allié, y compris son revêtement. Pour répondre à cette question de façon complète, il faut tenir compte de nombreux paramètres en fonction des circonstances. Mais des considérations relativement simples peuvent souvent donner des résultats. Il faut alors prendre en compte les aspects suivants :

- Prix de la production : L'acier patinable coûte environ 10 – 15 % de plus que l'acier de construction courant, à quoi s'ajoutent, dans le cas de structures porteuses, les suppléments pour l'enlèvement de la rouille. Ces derniers sont à comparer aux coûts du revêtement pour l'acier courant, y compris les travaux préparatoires nécessaires.
- Frais de l'entretien : Pour la réparation ou le renouvellement du revêtement de protection les coûts sont fortement variables selon les circonstances (accès à l'ouvrage, échafaudages). Il faut également tenir compte des frais de l'élimination des déchets du sablage ou des mesures de protection supplémentaires de l'environnement (par exemple l'enveloppement de l'ouvrage). En outre, dans le cas des ponts, les mesures nécessaires pour la fermeture des routes pour la durée des travaux occasionnent aussi souvent des coûts. Dans le cas de chantiers sur

Coupe horizontale, échelle 1:20; Musée archéologique, Kalkriese 2002 ; Architectes : Gigon & Guyer





autoroute, ces coûts peuvent être importants.
- Coûts reportés sur des tiers : Dans le cas de l'assainissement d'ouvrages d'art sur des voies de circulation en particulier, certains coûts ne sont souvent pas supportés par le maître de l'ouvrage mais par les nombreux usagers de la route comme par exemple les pertes de temps et de carburant ainsi que par la pollution, lors des embouteillages causés par les chantiers.

Quelques idées pour l'utilisation

Afin d'éviter des déconvenues, le concepteur devrait se familiariser avec la check-list en annexe. En particulier, il devra tenir compte des limitations dans la disponibilité des matériaux, la liberté d'agencement et l'évacuation des eaux.

Actuellement, en Suisse, l'acier patinable n'est pas en stock chez les revendeurs. Toutefois, des tôles et des plats de 6 à 100, mais surtout de 10 à 40 mm d'épaisseur peuvent être obtenus assez facilement auprès des laminoirs à condition de commander au moins 5 tonnes par dimension et avec un délai de livraison de quelques mois. L'offre en profilés et barres est très limitée et les quantités minimales, en général 40 tonnes par produit, ne peuvent être atteintes que dans le cas d'ouvrages de dimensions importantes.
La liberté d'agencement est limitée car il faut empêcher l'accumulation des eaux stagnantes sur les surfaces et des dépôts de saletés humides dans les endroits creux, les interstices et autres recoins.
L'eau s'écoulant des surfaces exposées aux intempéries sera toujours chargée de rouille et doit être évacuée proprement.

Maison T, Wilton/Etats-Unis,
Architecte: Simon Ungers

Exemples tirés de l'architecture

Le musée archéologique de Kalkriese a été construit en 2002, sur le théâtre présumé de la bataille de la forêt de Teutoburg. L'ossature du bâtiment principal, de même que le cadre des fenêtres, ont été construits en acier conventionnel, revêtu d'une couleur brun rougeâtre foncé. Des plaques de grand format en acier patinable forment l'enveloppe extérieure des murs et du toit, les plaques couchées étant raidies par des cornières. Les détails ont été agencés en fonction du matériau. Le revêtement de la façade en acier patinable est aéré par l'arrière (voir l'article dans ce numéro de Steeldoc).

Dans le cas de la Maison T à Wilton, construite pour un écrivain, l'architecte recherchait un effet monolithique par une surface homogène. A cette fin, l'enveloppe extérieure des murs et du toit en tôle d'acier patinable a été entièrement soudée, sans joints. Cela exerce en même temps un effet bénéfique sur l'ouvrage par l'absence d'interstices et de joints où l'humidité pourrait se loger. Sur le toit, l'eau ne peut pas s'accumuler en raison d'une inclinaison suffisante pour l'écoulement. Cette enveloppe fermée exige une construction adéquate capable d'empêcher la condensation sur la face intérieure des tôles, due à l'humidité de l'air de la maison.

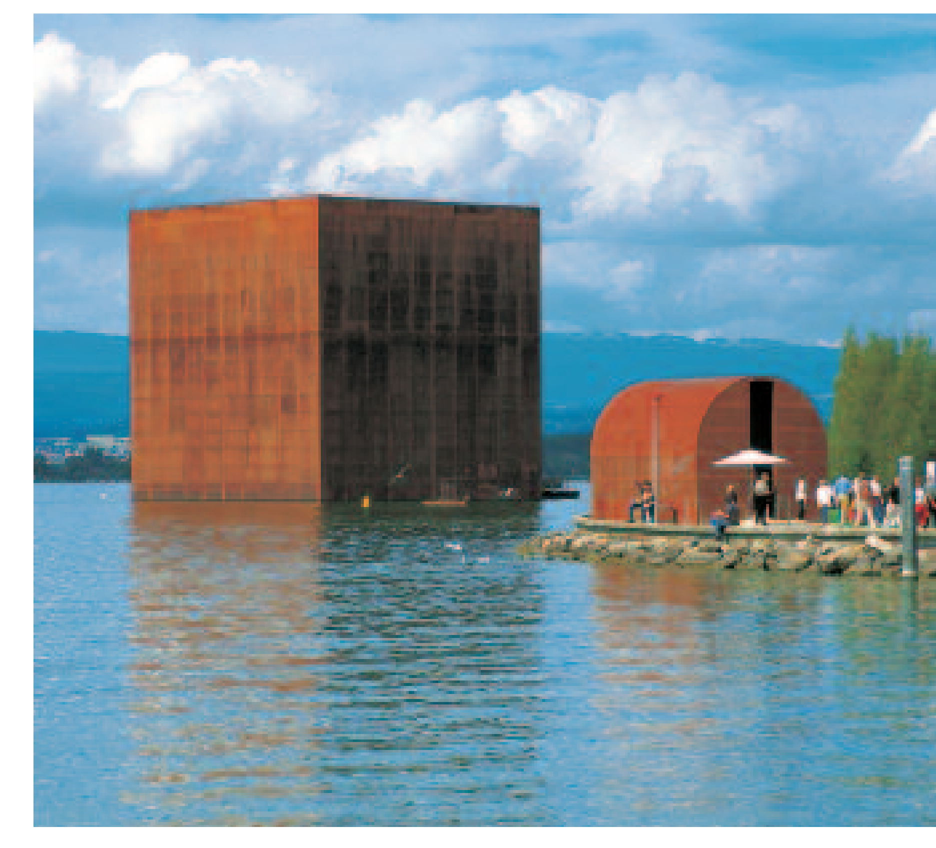
Ponts

A l'occasion de l'exposition fédérale de jardins (Bundesgartenschau) de 2001 à Potsdam, un ancien terrain militaire a été aménagé en parc public. Les remparts en terre hauts de sept mètres ont été reliés par des escaliers, des rampes et des passerelles. Toutes les passerelles ont été conçues selon les mêmes principes, puis adaptées aux différentes situations. Les poutres principales en caisson étroit et haut sont en acier patinable et fonctionnent en même temps comme parapet ; avec le tablier, elles constituent une section en auge. La distance entre le revêtement en bois du tablier et les poutres a été choisie assez large pour éviter qu'il ne puisse s'y former des nids de saleté retenant l'humidité. Les poutres en travers sont munies d'une couche de protection car à la jonction du revêtement en bois la circulation de l'air est réduite.

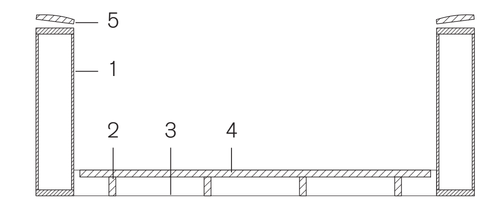
Cet article est une version raccourcie et adaptée aux conditions suisses de la notice 434 « Acier patinable » du Centre d'information sur l'acier ; dessins repris de Detail, 2005/4. L'auteur est ingénieur civil et il a été professeur à la chaire de construction métallique de l'université de Dortmund.

Bibliographie

1 DASt-Richtlinie 007: Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle, Deutscher Ausschuss für Stahlbau, Köln 1993
2 SN EN 10020, 1989: Begriffsbestimmung für die Einteilung der Stähle
3 SN EN 10155: Wetterfeste Baustähle, Technische Lieferbedingungen (jetzt integriert in SN EN 10025)
4 SN EN 10025-5: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen
5 SN EN ISO 12944-2: Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
6 SIZ Merkblatt 434: Wetterfester Baustahl, Stahl-Informations-Zentrum (SIZ), Düsseldorf 2004
7 ECCS N° 81: The Use of Weathering Steel in Bridges, European Convention for Constructional Steelwork (ECCS), Bruxelles 2000
8 Publication OFROU / ASTRA 562/ICOM 437: Brücken aus wetterfestem Stahl/Ponts en acier patinable, avec CD-ROM, Office fédéral des routes (OFROU) / EPFL-ICOM Construction métallique, 2001
9 Ryser R., Lang T., Verbundbrücken aus wetterfestem Stahl in der Schweiz (Ponts mixtes en acier patinable en Suisse), Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 4/2000, S. 23 – 27



Pavillon d'exposition pour l'EXPO, Morat, 2002 ; en raison du caractère temporaire de l'utilisation, l'acier de construction courant pouvait être employé.
Architecte : Jean Nouvel



1 Poutre en caisson 1100/250 mm, acier patinable, âme 15 mm, semelle 40 mm
2 Longerons : bois de mélèze 45/125 mm
3 Entretoises : profilé creux 170/100 mm, avec revêtement
4 Revêtement du tablier : bois de mélèze 45/100 mm
5 Main courante : bois de mélèze 250/40 mm, s'appuie, par intervalles, sur la semelle des poutres





Passerelle pour piétons à l'exposition de jardins BUGA 2001 à Potsdam. Les poutres en caisson étroit et haut constituent, avec le tablier en bois de mélèze, une section en auge.

Ponts en acier patinable

Jean-Paul Lebet et Thomas Lang

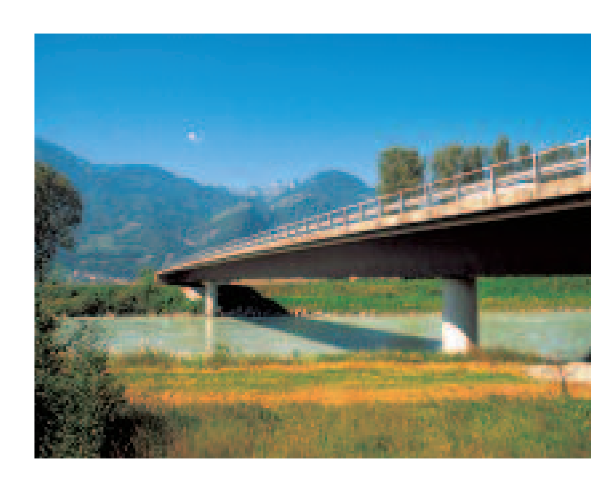
Les ponts en acier patinable sont robustes et durables. Une étude effectuée par le Laboratoire de la construction métallique (ICOM) de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) avait pour objectif le comportement à long terme de tels ouvrages.

L'objectif de cette étude était d'améliorer les connaissances sur le comportement dans le temps des ouvrages d'art construits en Suisse avec de l'acier à résistance élevée à la corrosion atmosphérique. Dans ce but, l'ensemble des ponts construits avec des éléments de construction en acier patinable a été examiné.
En tenant compte des résultats de travaux similaires exécutés dans d'autre pays tels que l'Allemagne, les Etats-Unis, l'Angleterre et le Japon, les résultats de cette recherche ont fourni aux maîtres de l'ouvrage et aux ingénieurs des informations sur :
- le comportement dans le temps de l'acier patinable des ponts construits en Suisse,
- les conditions d'utilisation de l'acier patinable pour les ponts,
- des recommandations pour une conception pertinente des détails de construction des ponts en acier patinable,
- des recommandations concernant la surveillance et l'entretien de tels ponts.

34 ponts en acier patinable ont fait l'objet d'une inspection visuelle systématique sur les 36 ouvrages en exploitation en Suisse construits jusqu'en 1999. Les résultats ont révélé que, d'une manière générale, les éléments de la charpente métallique en acier patinable sont en bon état. Des dégâts très localisés à la charpente métallique ont cependant été décelés, provenant en majorité de la présence fréquente d'eau à ces endroits due à une conception inadaptée des détails ainsi qu'à un manque d'entretien de la structure.

Les mesures des tôles ont montré que les épaisseurs restantes après 30 ans d'exposition sont en général supérieures à l'épaisseur nominale prescrite à la construction. La couleur de la patine des éléments métalliques laisse en général une impression convaincante de l'aspect esthétique des ouvrages observés.

Pour assurer un comportement durable dans le temps de l'acier patinable, la présence permanente d'humidité sur les surfaces métalliques doit impérativement être évitée. Dans ce but, les trois conditions suivantes doivent être remplies :
- **Conditions locales :** L'acier patinable ne doit être envisagé que pour des ouvrages situés dans des endroits où les conditions climatiques et topographiques sont telles que la structure métallique ne soit pas rendue humide pendant une longue période, soit par la pluie ou des éclaboussures continues, soit par une humidité élevée de l'air.
- **Conception des détails de construction :** Les structures en acier patinable doivent être conçues de manière à ce que la présence permanente d'eau en contact avec le métal soit évitée. Les détails de construction doivent être tels que toute accumulation éventuelle d'eau puisse s'éliminer rapidement. En particulier, les têtes des piles et les murs des culées doivent être conçus de manière à ce que l'eau provenant de la charpente métallique soit évacuée sans qu'elle coule sur les faces en béton.
- **Surveillance et entretien :** Une surveillance régulière permet de déceler suffisamment tôt les défauts qui pourraient compromettre le bon comportement dans le temps de la charpente métallique et de définir les éventuelles mesures urgentes à prendre. Un entretien régulier permet de maintenir la structure en bon état et de garantir un bon développement de la patine.





à gauche : Pont sur le Rhône à Illarsaz (liaison Vionnaz-Aigle, VD)
à droite : Pont sur la Sarine (liaison Enney – Estavannens, FR)

Les ouvrages d'art construits en acier patinable et examinés lors de cette étude donnent une très bonne impression générale, aussi bien du point de vue du comportement de la structure métallique que de leur aspect esthétique. D'autre part, les nuisances à l'environnement dues aux métaux lourds, résidus du processus de formation de la patine, sont insignifiantes. Par rapport à l'acier normal, protégé par peinture, l'acier patinable représente une solution avantageuse du point de vue économique, en particulier du fait de la non nécessité d'entretenir les surfaces métalliques. Il représente également une solution écologique intéressante du fait de l'absence des nuisances lors des réparations ou du remplacement de la couche de protection.

Bibliographie

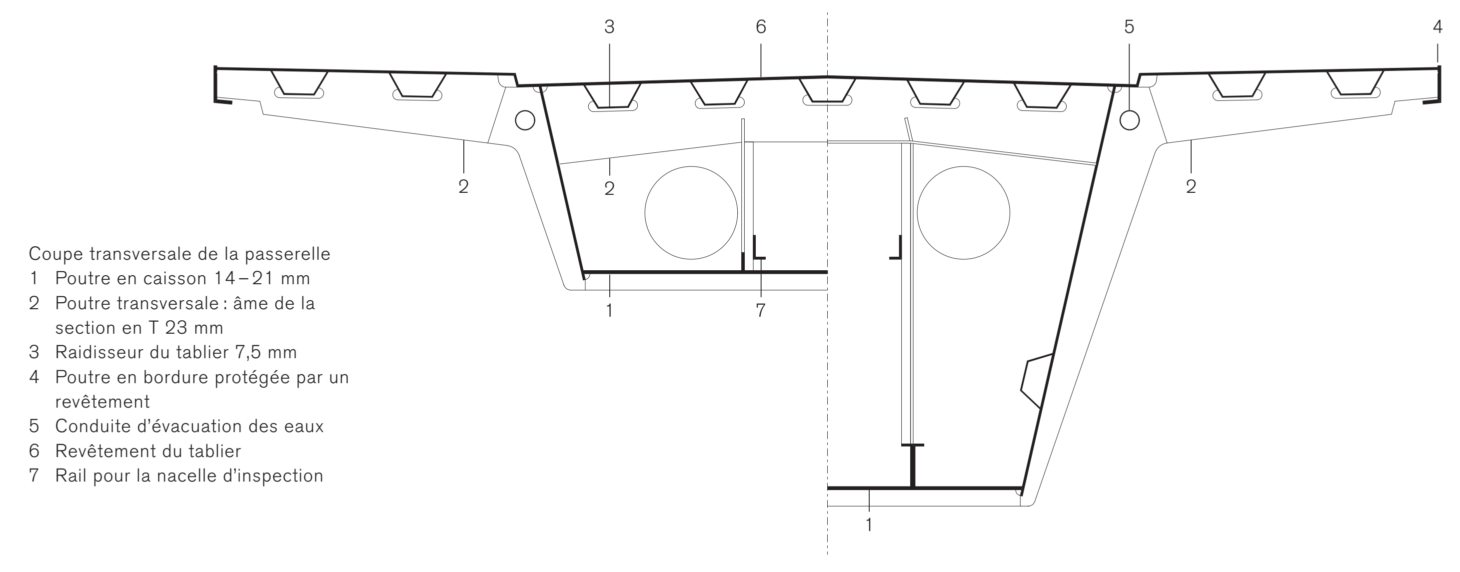
Lebet, J.-P., Lang, T. P., Ponts en acier patinable, VSS Nr. 562, Zürich, 2001 (Mandat de recherche 87/98 AGB)



Pont New-River-Gorge en West Virginia, USA, travée 518 m, construction 1977



Passerelle pour piétons et vélos sur le Seerhein à Constance : la poutre voûtée enjambe trois travées. Le porte-à-faux en T est sans semelle inférieure (mais avec une âme plus forte) pour permettre une évacuation optimale de l'eau.



Coupe transversale de la passerelle
1 Poutre en caisson 14–21 mm
2 Poutre transversale : âme de la section en T 23 mm
3 Raidisseur du tablier 7,5 mm
4 Poutre en bordure protégée par un revêtement
5 Conduite d'évacuation des eaux
6 Revêtement du tablier
7 Rail pour la nacelle d'inspection

Directives pour l'utilisation appropriée de l'acier patinable

Limites d'application

Certains emplacements et conditions ne conviennent pas à l'utilisation de l'acier patinable laissé sans revêtement :

- si le climat est humide de façon permanente, de telle sorte que l'ouvrage reste humide pendant plus de 60 % du temps et que l'alternance humide-sec ne se présente que rarement ;
- si l'humidité élevée dans les locaux peut entraîner la condensation d'eau sur l'ouvrage ou sur ou dans les éléments de façade (par exemple en l'absence d'un écran pare-vapeur) ;
- si dans certaines parties de l'ouvrage (par exemple dans des interstices ou des espaces creux) l'humidité risque de devenir permanente ;
- si certaines parties de l'ouvrage se trouvent à moins de 1 m au-dessus de la terre ou de la végétation, ou à moins de 2,5 m au-dessus d'eaux stables ou de 3,0 m au-dessus d'eaux courantes ; ces valeurs s'appliquent en cas d'aération insuffisante ;
- s'il n'est pas possible de maintenir à distance la végétation, car dans ce cas, l'ouvrage reste humide pendant très longtemps après la pluie ;
- en cas de forte influence de la mer, en raison du taux élevé de l'atmosphère en chlorures ;
- dans des zones directement exposées à l'atmosphère, aux fumées ou aux nuages agressifs de l'industrie ;
- si l'ouvrage est régulièrement exposé à l'eau de salage que l'eau de pluie ne peut évacuer (par exemple dans le cas d'éléments de ponts situés juste au-dessus ou au-dessous de routes d'où s'élèvent des brouillards de salage) ;
- si les produits de la rouille ou l'eau d'écoulement chargée de rouille peuvent entrer en contact avec du matériel sensible qu'ils pourraient polluer.

Empêcher l'humidité permanente de l'acier patinable

- L'ouvrage doit être réalisé de manière à exclure la formation de poches d'eau.
- La terre, la poussière, la saleté ou des branchages ne doivent pas pouvoir s'accumuler, car ils pourraient retenir de l'eau.
- Dans le cas de surfaces directement exposées à l'humidité, en particulier, une déclivité est à prévoir de telle sorte que l'eau s'écoule vite et soit évacuée.
- L'eau s'écoulant d'autres parties de l'ouvrage ne doit pas pouvoir atteindre la structure en acier et la maintenir longtemps humide.
- L'ouvrage doit être agencé de telle façon que les éléments en acier soient bien aérés.
- La végétation doit être tenue à distance de l'ouvrage afin de garantir une bonne aération.
- Les interstices, dans lesquelles l'eau, provenant d'exposition directe ou indirecte ou par effet de capillarité, pourrait se maintenir, doivent être proscrits. Les joints très serrés qu'il est possible de fermer par masticage de telle sorte que la rouille qu'ils enferment ne puisse pas se développer, ne sont pas dangereux.
- Les volumes creux sans accès à leur intérieur doivent être étanches, en particulier s'ils sont directement exposés à l'humidité, afin que l'eau ne puisse y pénétrer ou y être aspirée.
- Les caissons avec accès à leur intérieur ne doivent pas avoir de larges ouvertures afin d'éviter autant que possible la condensation par l'eau entraînée par l'air extérieur.
- La condensation d'eau sur des éléments en acier patinable dans les locaux intérieurs doit être évitée, sinon les surfaces exposées doivent être protégées par des revêtements appropriés.
- Dans le cas d'éléments de façade avec isolation thermique intégrée, ni eau, ni vapeur d'eau ne doivent pouvoir y pénétrer, ni de l'extérieur, ni de l'intérieur de l'ouvrage, faute de quoi, ils rouillent depuis l'intérieur à cause de l'humidité permanente qui s'y forme.
- L'assemblage des éléments de façade ne doit pas présenter des recouvrements, ni des interstices où l'eau pourrait pénétrer. Les joints non étanches ou qui pourraient le devenir (par exemple dans le cas de matériaux soi-disant « durablement élastiques ») sont également source de dégâts.

Eviter la corrosion galvanique

- Les assemblages conducteurs d'électricité entre des éléments en acier patinable et d'autres en métaux plus nobles, comme par exemple l'acier fortement allié, le cuivre, le plomb ou l'étain, ou moins nobles, comme par exemple le zinc ou l'aluminium, doivent être évités en cas d'exposition directe à l'humidité. En cas d'exposition indirecte, de tels assemblages peuvent être admis en fonction du rapport entre les masses des différents métaux.

Eviter la coloration irrégulière des surfaces visibles

- Dans le cas de surfaces visibles, pour des raisons esthétiques, la pellicule formée au laminage doit toujours être enlevée pour qu'une coloration uniforme puisse se former.
- L'écoulement de l'eau sur la surface à certains endroits conduit à la formation de bandes.
- L'eau polluée par la végétation ou chargée de sucs végétaux peut modifier la couleur de la surface de l'acier.
- Dans le cas de surfaces exposées à l'humidité en partie directement, en partie indirectement ou par voie capillaire, certaines différences de couleur peuvent être perceptibles.

Eviter les salissures lors de la fabrication, le transport et le montage

- Les salissures, par huile, par des craies de couleur, par des produits de nettoyage ou par d'autres matériaux, doivent être évitées.
- Les marquages nécessaires à la fabrication ou au montage doivent être réalisés de telle façon qu'ils puissent être facilement éliminés.
- L'entreposage des pièces en acier avant ou pendant le montage ne doit pas produire des rayures, des salissures ou tout autre dégât.

Empêcher que d'autres éléments de construction défectueux ne puissent provoquer des salissures ou des dégâts aux éléments en acier patinable

- Les conduites d'amenée et d'évacuation des eaux doivent être disposées ou agencées de telle manière que des fuites ou obstructions éventuelles ne puisse pas salir ou endommager les éléments en acier patinable.
- La structure des ponts doit être agencée de telle manière qu'un joint perdant son étanchéité ne puisse provoquer des dégâts aux éléments voisins en acier.
- Aux endroits où un dispositif pare-vapeur, perdant son étanchéité, pourrait provoquer des condensations, les éléments en acier doivent être revêtus à titre préventif.

Eviter la salissure de parties d'ouvrage voisines

- Toute la construction doit être conçue de manière à exclure la salissure des parties voisines par l'eau chargée de rouille.
- L'écoulement des eaux doit être étudié et contrôlé. Il faut tenir compte des effets du vent, en particulier dans le cas de gargouilles.
- S'il n'est pas possible d'éviter que l'eau chargée de produits de la rouille ne s'écoule sur des éléments voisins, il faut choisir des matériaux et des couleurs appropriés pour ces derniers.
- Les salissures doivent être évitées durant la fabrication, le transport et le montage par des mesures appropriées. Ainsi, par exemple, l'acier patinable pourrait être sali lors du bétonnage, ou une partie terminée en béton lors du montage de la structure en acier. Il est possible que le nettoyage ultérieur de telles salissures soit moins coûteux que leur prévention.

Eviter des dégâts d'autres parties par le soulèvement de la rouille

- Dans le cas d'interstices insuffisamment serrés, la rouille peut provoquer des soulèvements. Ceux-ci, par les forces qui en résultent, peuvent provoquer des dégâts aux parties voisines telles que des panneaux de verre, des éléments en béton ou des moyens d'assemblage, en faisant éclater, par exemple, des parties en béton. Si on ne peut pas éviter des interstices ou les serrer suffisamment, aux endroits concernés, l'acier doit être protégé par des systèmes de revêtement appropriés.

Inspection et entretien des ouvrages

- Les ouvrages doivent être contrôlés périodiquement. Lors de ces contrôles, il faut vérifier que les conditions initiales sont toujours remplies (par exemple la présence et la proximité de la végétation, la distance du sol).
- Les dégâts ou les défauts éventuels doivent être éliminés (par exemple les joints ou les barrières à vapeur ayant perdu leur étanchéité ou l'accumulation de saletés sur des structures en acier).
- L'étanchéité et le fonctionnement des conduites d'amenée ou d'évacuation d'eau doivent être vérifiés et, le cas échéant, réparés.

A la mesure des puissances de la nature

Architectes
Tezuka Architects, Tokyo/Takaharu et Yui Tezuka,
Masahiro Ikeda, Tokyo

Maître d'ouvrage
Matsunoyama-machi, Niigata

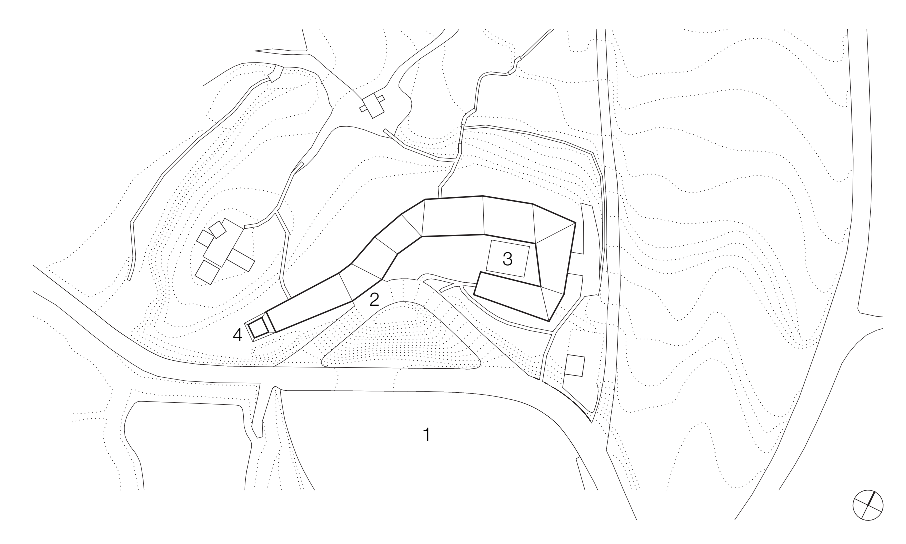
Année de construction
2002



Le bâtiment en forme de méandres est situé dans une des régions les plus enneigées du Japon. En hiver, elle est enfouie sous une masse de cinq mètres de neige. Pour pouvoir résister à de telles charges, les façades et la toiture sont en fortes plaques d'acier patinable soudées à une structure porteuse en acier.

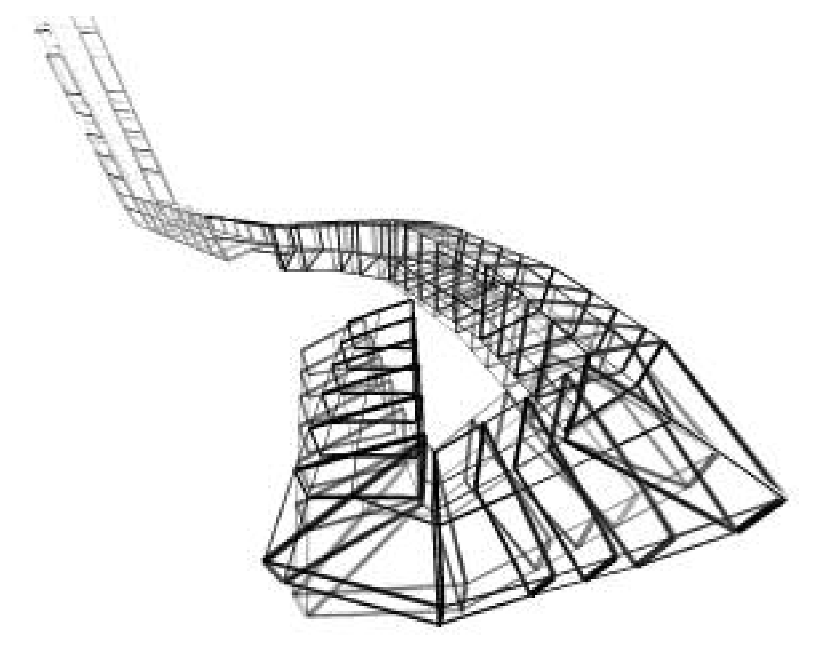
La région autour des monts Mikuni, située à environ 200 km au nord de Tokyo, est une des régions les plus enneigées au monde. En hiver, la neige peut y atteindre plus de cinq mètres de haut. Le concours pour un musée d'histoire naturelle faisait partie d'une initiative pour stimuler les activités culturelles dans une région relativement peu habitée. Non loin de là se trouve aussi le musée d'agronomie érigé par le bureau d'architecture MVRDV. Le Musée d'histoire naturelle devait être à même de supporter jusqu'à deux mille tonnes de neige. La structure primaire en acier porte une enveloppe soudée de 2500 tonnes en acier corten résistant aux intempéries. L'édifice ne cherche pas seulement une ressemblance apparente avec les sousmarins, pour sa résistance, on a demandé une expertise auprès d'une entreprise spécialisée dans la construction navale. Le bâtiment abrite des locaux d'exposition à l'agencement flexible, ainsi que des locaux d'administration, des ateliers et un restaurant.

Le musée est un signe expressif de la résistance des hommes aux puissances de la nature. Le volume compact et étroit du bâtiment s'adapte dans ses méandres à la forme du terrain. Le musée veut mettre en valeur, de façon vivante et directe, les phénomènes de la nature. A cette fin, aux articulations du bâtiment, on a placé quatre immenses fenêtres en verre acrylique. Par ce moyen, on a cherché à établir un dialogue entre la ville et les campagnes menacées par une forte influence culturelle.
A son extrémité, le volume prend une dominante verticale et culmine en une tour haute de 34 mètres avec une station d'observation. Ici, les données météorologiques sont gérées et visualisées par un artiste.

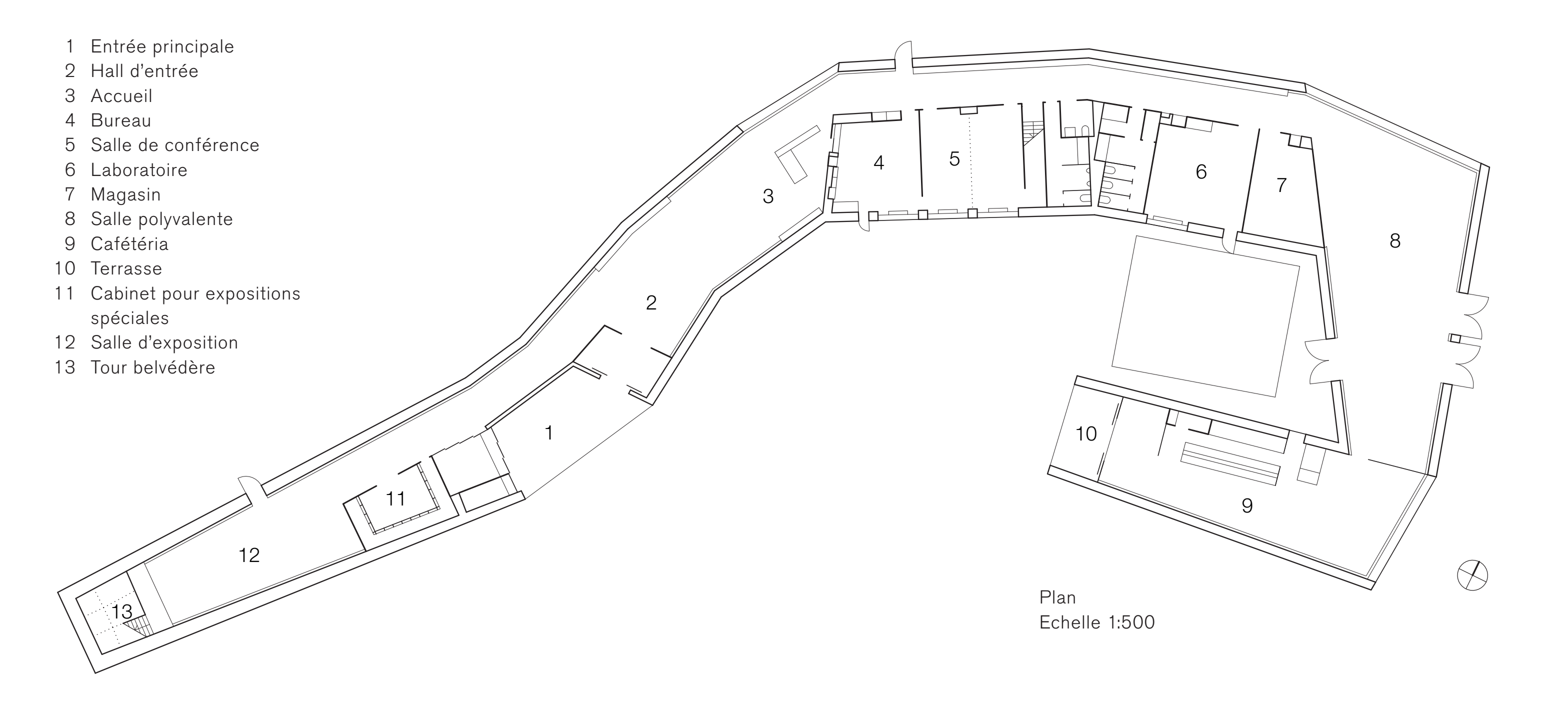


Plan de situation
Echelle 1:2000

1 Aire de stationnement
2 Entrée principale
3 Cour intérieure
4 Tour belvédère



Isométrie : Dilatation thermique
de la structure en acier



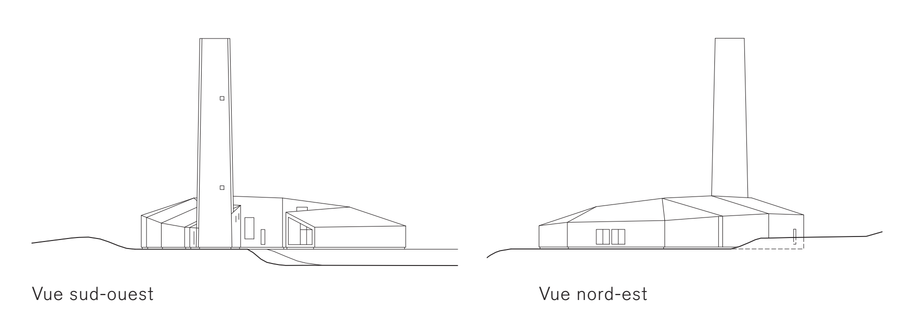
Plan
Echelle 1:500

En hiver, le musée disparaît sous un lourd manteau de neige comme un sous-marin.



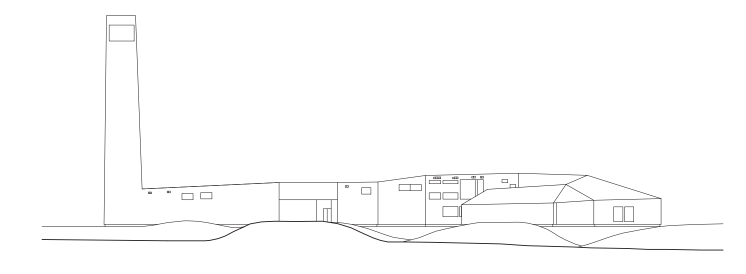
Pour pouvoir résister à des charges allant jusqu'à 1,5 t/m², le bâtiment est enveloppé de tôles en acier patinable de 6 mm d'épaisseur, soudées sur une ossature de poteaux et de poutres en acier. Comme une bouteille isolante, l'édifice est protégé par deux couches séparées. L'enveloppe extérieure en acier, exposée à des températures de moins 20 degrés en hiver et jusqu'à 45 degrés en été, présente une dilatation horizontale allant jusqu'à 20 cm, rendue possible par l'appui mobile des poteaux sur les fondations. Comme la structure porteuse est fixée en trois points seulement, le bâtiment retrouve toujours sa position initiale. Les parois intérieures en placoplâtre, montées sur une infrastructure séparée, ne sont pas touchées par les mouvements de l'enveloppe extérieure. L'air qui circule dans l'espace intermédiaire – chaud en hiver, froid en été – tempère les locaux intérieurs. Un passage sinueux mène à travers le musée dont la forme évoque les sentiers de promenade de la forêt voisine. Aux angles du bâtiment, de hautes fenêtres panoramiques permettent aux visiteurs d'entrer en contact avec le thème de l'exposition : la nature environnante. La plus grande des quatre fenêtres mesure 14,5 x 4 m et pèse presque 4 tonnes. En raison de la pression de la neige, on a choisi un verre acrylique de 75 mm d'épaisseur.

Bien que le bâtiment, avec son enveloppe double rendue nécessaire par des sollicitations élevées, soit une construction complexe, il conserve un aspect brut et archaïque. Il constitue une intervention perturbatrice dans le paysage, modulée entre architecture et paysagisme. (ef)

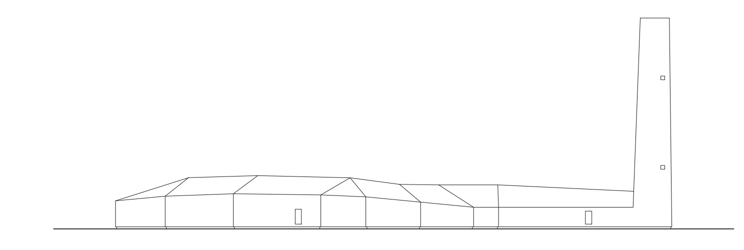


Vue sud-ouest

Vue nord-est

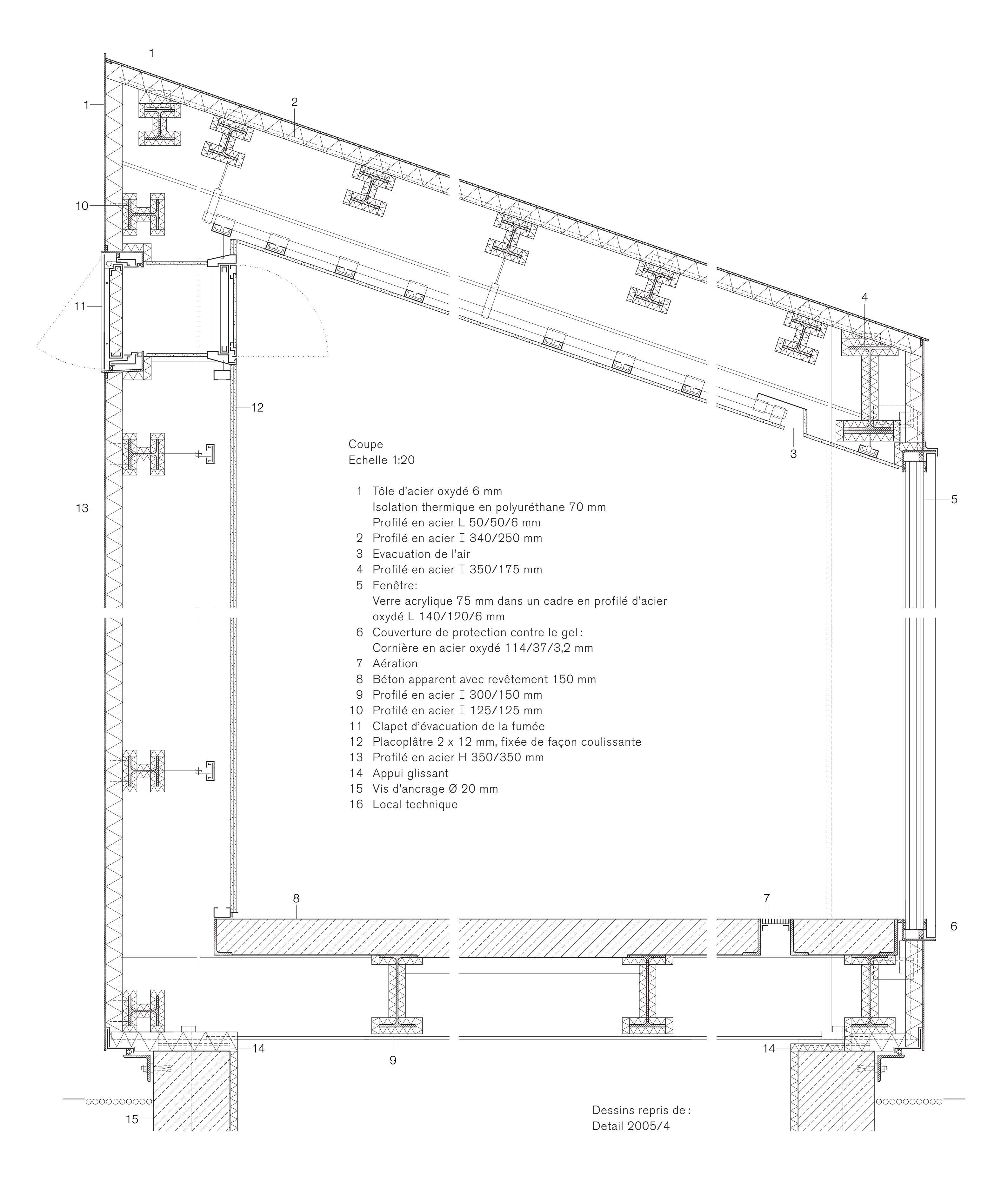


Vue sud-est



Vue nord-ouest

Lieu Matsunoyama-machi, Higashi kubiki-gun, Niigata
Maître d'ouvrage Matsunoyama-machi, Niigata
Architectes Tezuka Architects, Tokyo (www.tezuka-arch.com)/ Takaharu et Yui Tezukas, Masahiro Ikeda, Tokyo
Construction métallique Masahiro Ikeda, Tokyo
Panneaux en acier Yamaki Kogyo, Nagano
Année de construction 2002



Coupe
Echelle 1:20

1 Tôle d'acier oxydé 6 mm
Isolation thermique en polyuréthane 70 mm
Profilé en acier L 50/50/6 mm
2 Profilé en acier I 340/250 mm
3 Evacuation de l'air
4 Profilé en acier I 350/175 mm
5 Fenêtre:
Verre acrylique 75 mm dans un cadre en profilé d'acier oxydé L 140/120/6 mm
6 Couverture de protection contre le gel:
Cornière en acier oxydé 114/37/3,2 mm
7 Aération
8 Béton apparent avec revêtement 150 mm
9 Profilé en acier I 300/150 mm
10 Profilé en acier I 125/125 mm
11 Clapet d'évacuation de la fumée
12 Placoplâtre 2 x 12 mm, fixée de façon coulissante
13 Profilé en acier H 350/350 mm
14 Appui glissant
15 Vis d'ancrage Ø 20 mm
16 Local technique

Dessins repris de:
Detail 2005/4



L'acier patinable contre l'oubli

Architectes
Annette Gigon & Mike Guyer, Zurich

Maître d'ouvrage
Gantert + Wiemeler Ingenieurplanung, Münster

Année de construction
2002



C'est à Kalkriese, sur le théâtre présumé de la « bataille de Varus », que le bureau d'architectes suisse Annette Gigon & Mike Guyer a conçu et réalisé en 2002 un musée archéologique. L'acier patinable y réunit en une entité cohérente tous les éléments visibles. Il enveloppe non seulement trois pavillons et le bâtiment du musée, mais se retrouve aussi dans le dallage, dans les palplanches et dans les poteaux des palissades.

A Kalkriese, près de Bramsche (région d'Osnabrück) a été livré, en l'an 9 après J.-C., une des batailles les plus célèbres de l'histoire, une bataille entre Germains et Romains. Appelée « bataille de Varus » (d'après le nom du commandant des trois légions romaines anéanties) ou « bataille d'Arminius » (« Hermann » en allemand, chef des Germains) ou encore « bataille de la forêt de Teutoburg », ce qui n'est pas tout à fait exact, comme nous le savons aujourd'hui. A l'endroit où jadis les glaives se croisèrent, s'élève à présent un musée archéologique pour sauver ce lieu historique des abîmes de l'oubli. L'élément unificateur du vaste ensemble de parc et de musée est l'acier – sous différents formes, alliages et finitions.

Raviver les sens et questionner la perception

Le bâtiment du musée comprend un volume de niveau unique, détaché du sol, et une tour avec une terrasse panoramique. Depuis une hauteur de presque 40 mètres, on peut embrasser du regard le champ de bataille des temps lointains. Le tronc du bâtiment abrite l'exposition où sont conservées et montrées les trouvailles archéologiques. Un vaste espace sombre permet la mise en scène libre des aspects et thèmes variés de cette bataille. Par endroits, de grandes fenêtres latérales permettent une échappée sur le paysage.

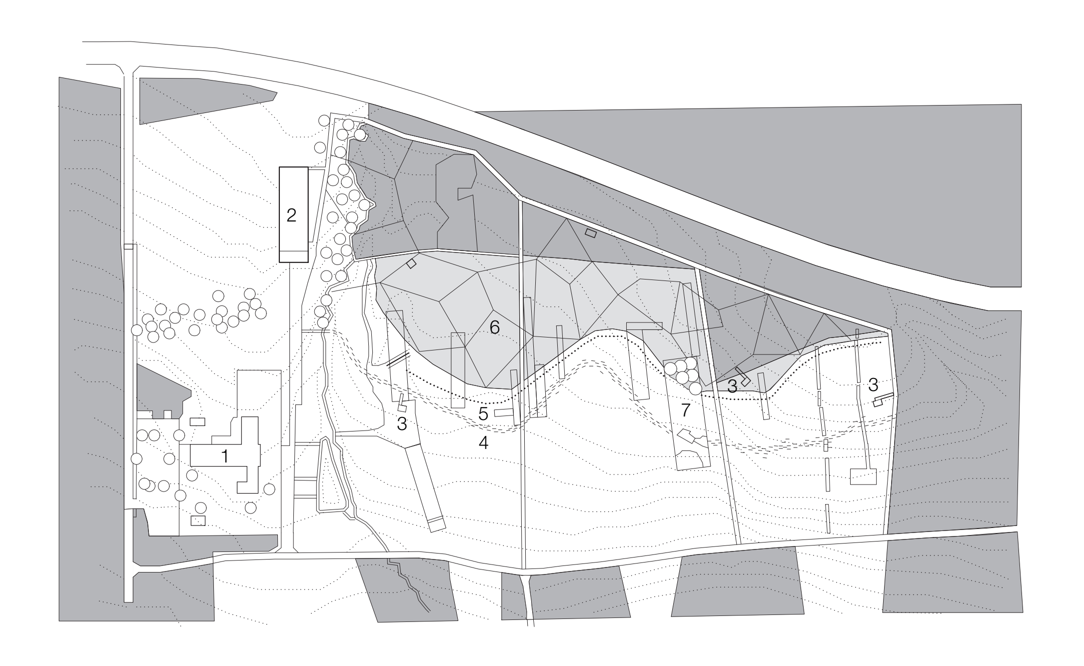
Sur le site, trois pavillons fournissent les « instruments de perception » dans le but d'approfondir les impressions reçues. Le pavillon « voir » projette le monde extérieur, au moyen d'une camera obscura, dans une demi-sphère en verre : le monde est à l'envers. Cet « œil artificiel » permet aux visiteurs d'éprouver comment ils voient. Le pavillon « entendre » dispose d'un puissant cornet acoustique orientable pour conduire le bruit amplifié du monde extérieur dans un local absorbant les sons. On peut y « viser » et écouter des bruits, le chant des oiseaux ou la voix des gens. Au pavillon « comprendre », les visiteurs sont accueillis par une paroi couverte d'écrans de télévision montrant des reportages sur des guerres actuelles. Ici, le visiteur prend conscience avec effroi du fait que la guerre n'est pas Histoire mais Présent.

Selon l'argumentation des architectes, la lisibilité de l'ouvrage est simplifiée par la réduction du nombre de matériaux employés. L'acier possède, suivant sa composition, différentes propriétés (acier de construction, acier patinable, acier inoxydable) et permet différents traitements (non traité, revêtu de calamine, en train de rouiller, huilé, peint, galvanisé, etc.), selon l'adaptation nécessaire du matériau aux différentes exigences. Précisément l'acier soumis à la rouille – qui met en évidence le caractère éphémère de l'état des matériaux – a paru approprié, aux yeux des architectes, à la médiation de l'histoire du lieu.

Acier pour structure porteuse et façade

Le bâtiment du musée, comme les pavillons, est conçu comme un édifice en ossature bardée de plaques d'acier patinable de grandes dimensions, exposées à la corrosion. Même à l'intérieur chauffé du musée, on a employé des plaques d'acier comme revêtement. Des tôles d'acier laminées pour les parois et le plafond, de l'acier inoxydable pour les tôles du dallage. L'ossature du bâtiment principal ainsi que le cadre des fenêtres sont en acier conventionnel, revêtu d'une peinture brun rougeâtre foncée.

Des plaques de grandes dimensions en acier patinable constituent l'enveloppe extérieure des murs et de la

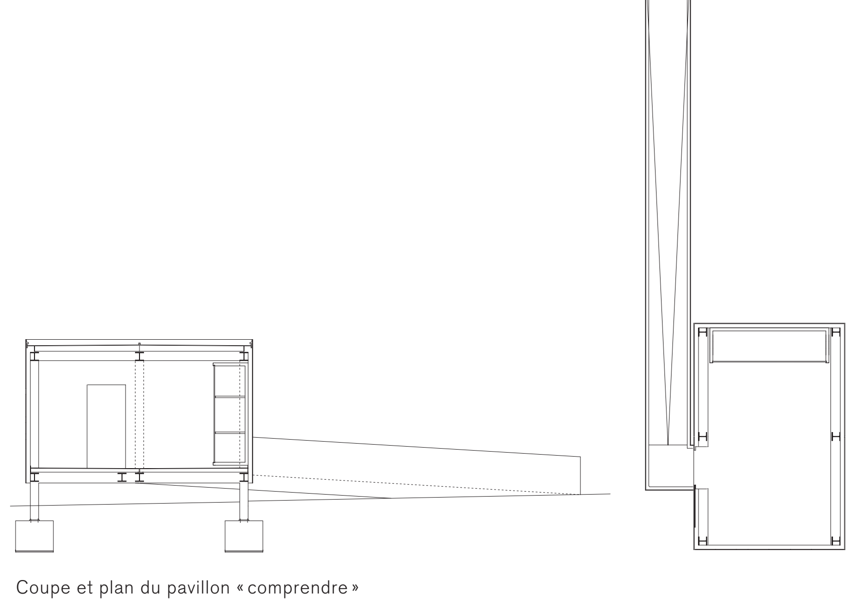


Situation Echelle 1:5000

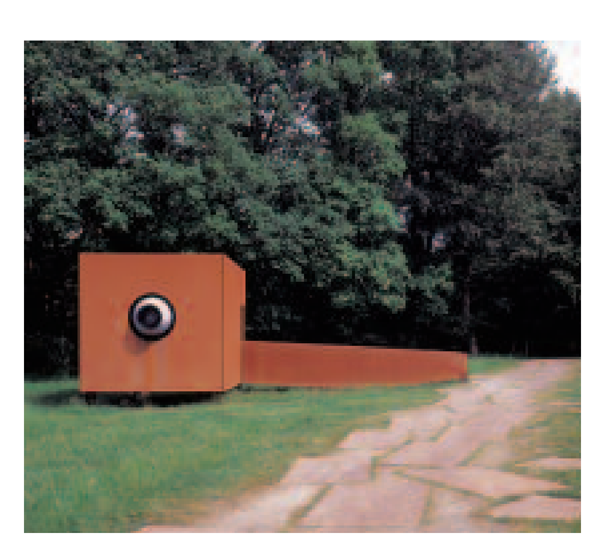
1 Centre d'accueil
2 Musée
3 Pavillon
4 Route des Romains
5 Tracé des remparts
6 Sentier des Germains
7 Terrain reconstitué
8 Salle de conférence
9 Dépôt

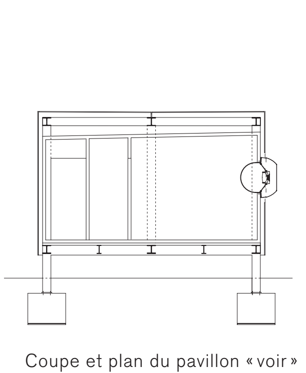
Le parcours probable des légionnaires romains est suggéré par de grandes dalles en acier irrégulièrement disposées.

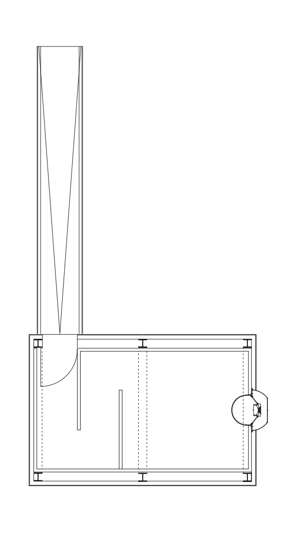




Coupe et plan du pavillon « comprendre »

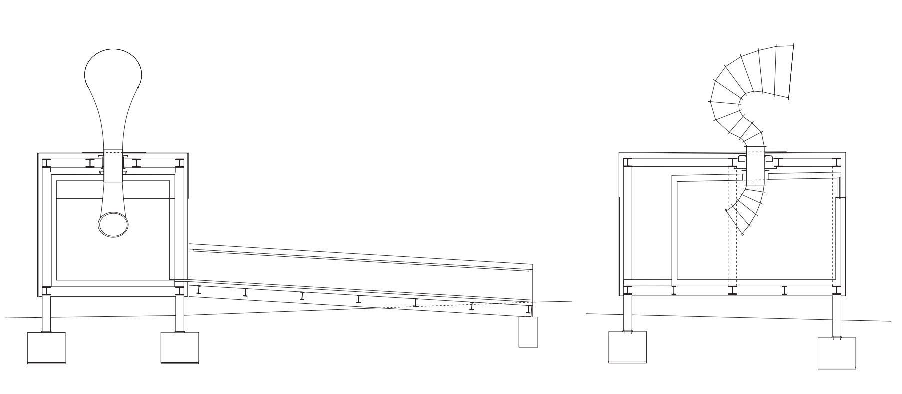






Coupe et plan du pavillon « voir »





Coupes longitudinale et transversale du pavillon « entendre »



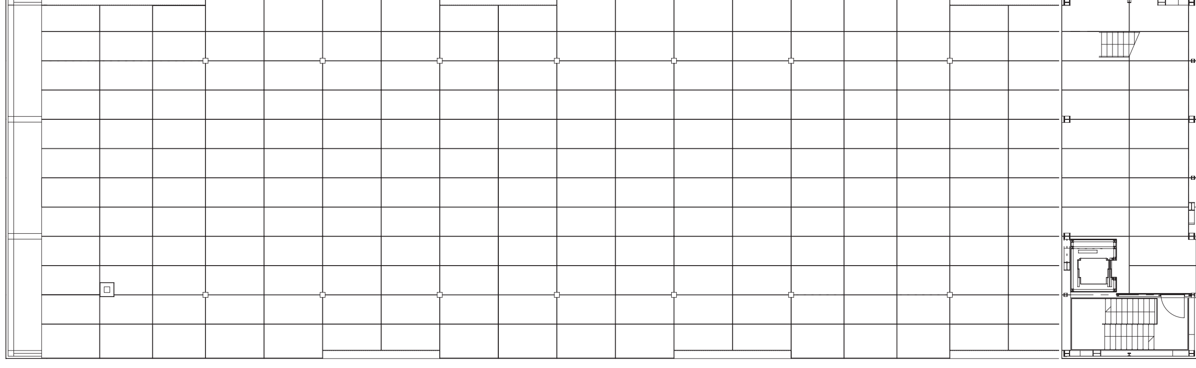
Présence brute à l'extérieur, élégance subtile à l'intérieur : l'espace muséal est revêtu de surfaces inoxydables et de tôles en acier laminé.

toiture. Le revêtement de façade est aéré par l'arrière, en haut et en bas, des tôles perforées permettent la circulation de l'air. En outre, les plaques sont espacées de 20 mm et ces interstices permettent le passage de l'air. D'autre part, ces interstices ont été choisis assez étroits pour empêcher les oiseaux d'y pénétrer. L'eau de pluie tombée sur le toit s'écoule, à travers les joints ouverts du dallage en acier, vers un espace aéré. L'élément sous-jacent est rendu étanche par trois couches de bitume et il est muni d'une déclivité. La face inférieure des dalles en acier patinable est dotée d'un revêtement pour éviter qu'elle ne soit exposée trop longtemps à l'humidité.

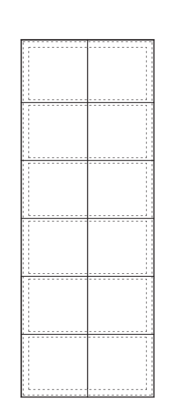
Dans la zone des fenêtres, l'inclinaison adéquate et le bord d'une tôle protégée empêchent l'eau chargée de rouille, provenant du toit, de s'écouler sur les vitres. Les éléments de liaison entre les tôles de la façade et l'ossature, y compris la zone adjacente de la tôle des façades, en acier patinable ont reçu un revêtement pour éviter l'apparition de la rouille dans les joints. (ef)

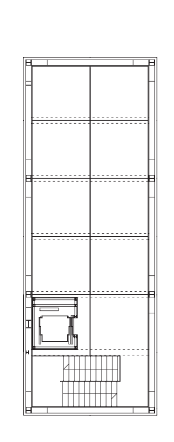
Niveau d'entrée (–1)

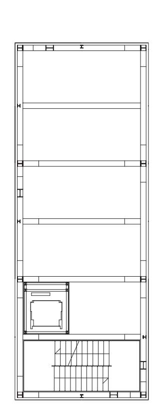
Niveau 0

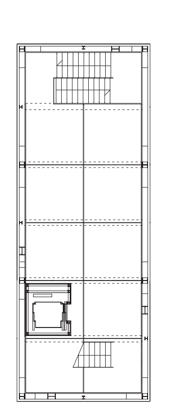


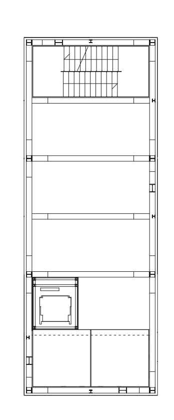
Vue sur le toit









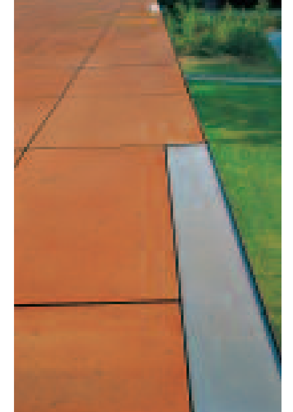


Coupes à divers niveaux de la tour

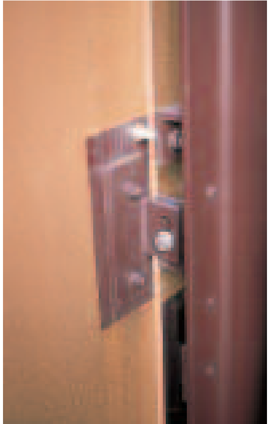
Le bâtiment du musée – tout comme les pavillons et les éléments d'agencement du parc – est en acier patinable. Une tour à escalier, de 40 m de hauteur, surplombe le terrain. Elle n'est pas isolée et sa structure est laissée apparente. L'ossature et les appuis extérieurs sont en acier inoxydable.

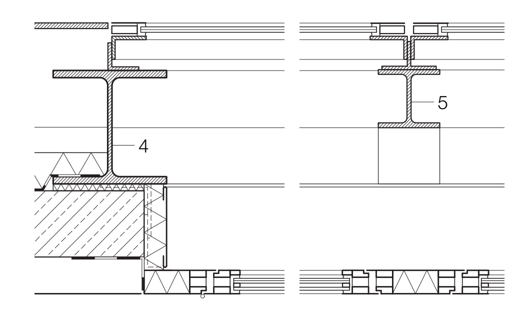
Bâtiment du musée et escaliers de la tour, coupes transversales

Bâtiment du musée et escaliers de la tour, coupe longitudinale

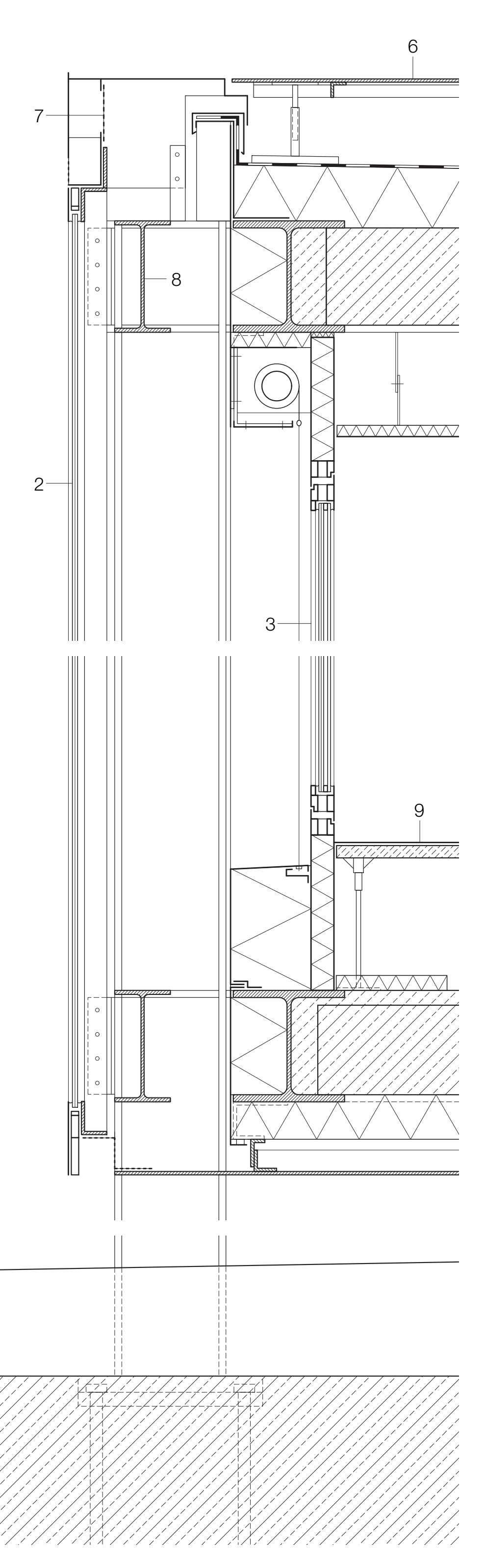




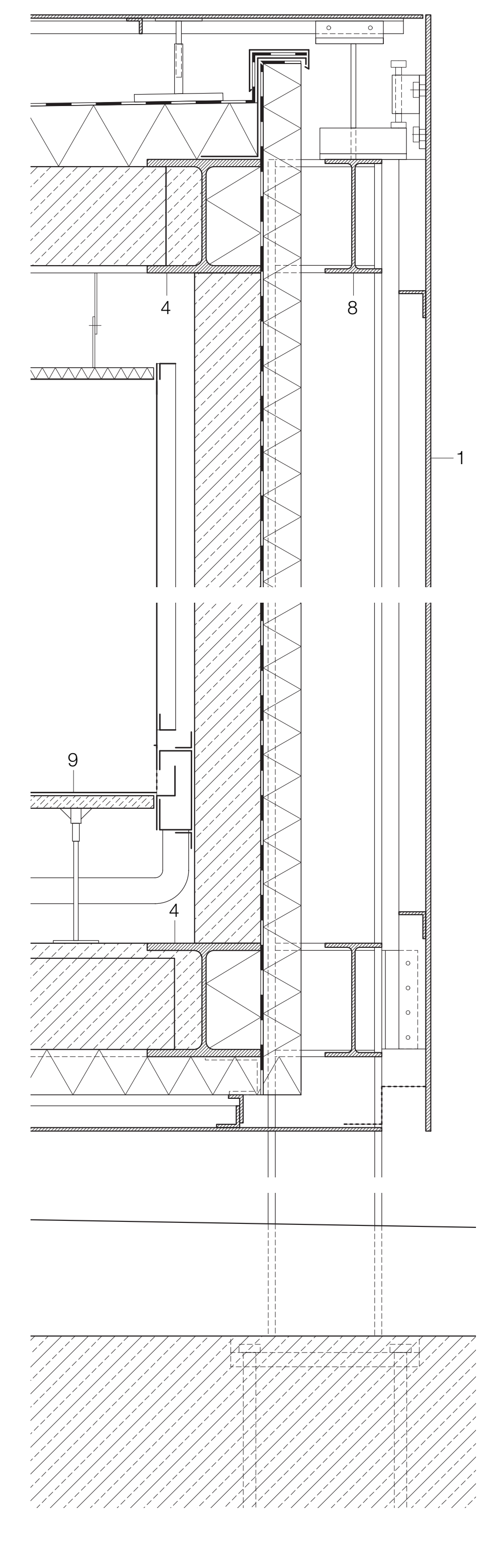




Coupes horizontale et verticale
échelle 1:20

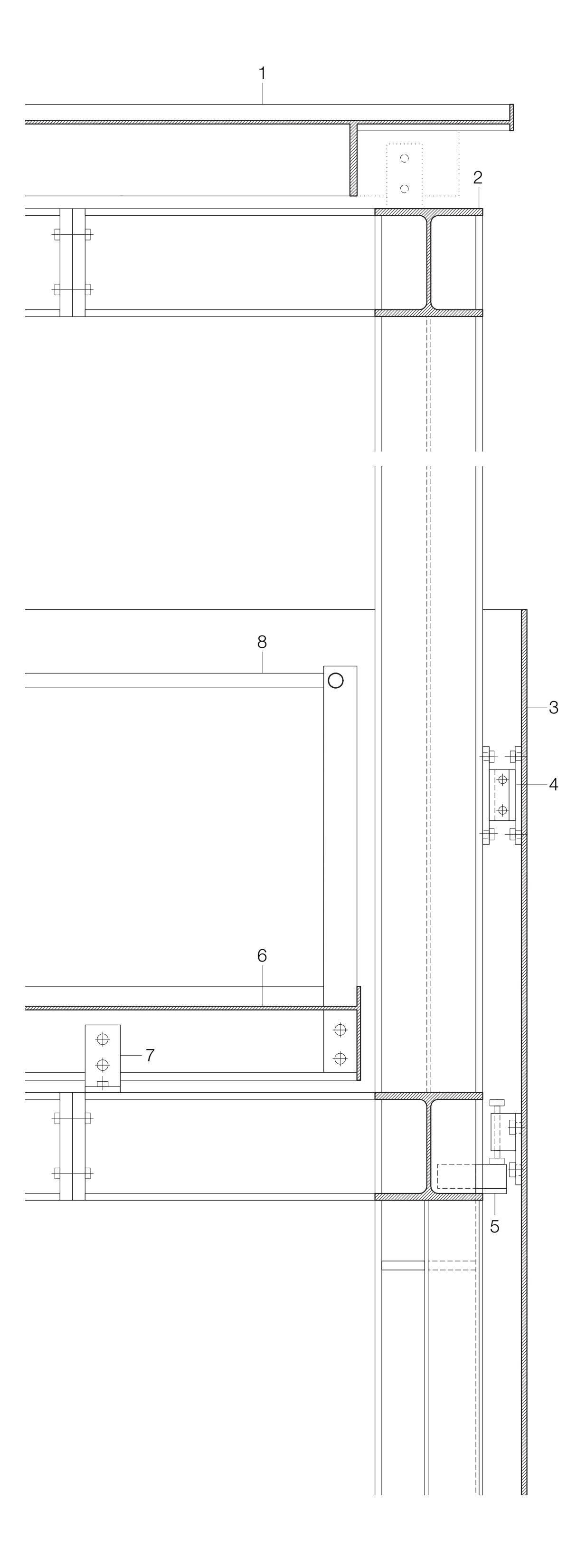


1 Plaque de façade en tôle d'acier patinable 5900/3100/15 mm, surface sablée, chants horizontaux en biais de 10°, interstices 20 mm, isolation thermique en fibres minérales 100 mm, parevapeur, élément préfabriqué en béton poreux 175 mm, tôle d'acier laminée à chaud ou peinte et revêtue d'un vernis transparent 400/120/3 mm, interstices 4 mm, écart depuis le mur 100 mm
2 Vitrage fixe ESG 15 mm, cadres en acier profilés L 90/60/8 mm et plats 90/5 mm
3 Verre isolant VSG 2x5 mm + verre flotté 8, cadre en acier profilé 65 mm, soudé aux tôles
4 Structure porteuse en acier profilé HEB 300
5 Acier profilé HEB 160, deux couches de peinture en usine, couche de finition sur place
6 Plaque de façade en tôle d'acier patinable 3100/1500/6 mm, surface sablée, posée inclinée, acier profilé L 40/40 mm, triple couche de bitume avec protection de la base, isolation en mousse de verre, au centre 165 mm, élément préfabriqué en béton poreux 220 mm, isolation en fibres tendres 30 mm, tôle d'acier perforée 1200/600/2 mm
7 Aération, tôle perforée
8 Acier profilé IPE 300
9 Tôle d'acier fin 1200/600/3 mm, avec treillis protecteur collé 3 mm, plaque porteuse en béton léger 33 mm, chape en béton 40 mm, élément préfabriqué en béton poreux 200 mm, isolation en fibres minérales 120mm





1 Eléments du toit en tôle d'acier 10 mm, deux couches de peinture en usine, couche de finition sur place
2 Structure porteuse en acier profilé HEB 300
3 Plaque de façade en acier patinable 15 mm, surface sablée
4 Fixation horizontale : 6 cornières en acier par plaque
5 Fixation verticale avec des vis de réglage : 2 par plaque
6 Elément de palier en tôle d'acier 10 mm, deux couches de peinture en usine, couche de finition sur place, zone de passage revêtue d'une couche antidérapante en sable de quartz, scellé en tête dans la couleur de la structure porteuse
7 Support des paliers acier profilé L 100/100/12 mm
8 Main courante en tube d'acier Ø 37 mm



Architectes Annette Gigon & Mike Guyer, Zurich
Responsable du projet Volker Mencke
Concours Markus Lüscher, Caspar Oswald
Ingénieur civil Gantert + Wiemeler Ingenieurplanung, Münster
Architectes de paysage Zulauf/Seippel/Schweingruber, Baden
Entreprise de construction métallique Hein Stahlbau, Georgsmarienhütte
Acier 700 tonnes (y compris la structure porteuse)
Conduite des travaux pbr Büro Rohling, Osnabrück
Conception et réalisation 1999 – 2002



Impressum

steeldoc 03/05, septembre 2005
Construire en acier
Documentation du Centre suisse de la construction métallique

Editeur :
SZS Centre suisse de la construction métallique, Zurich
Evelyn C. Frisch, Directrice

Conception graphique :
Gabriele Fackler, Reflexivity AG, Zurich

Rédaction et Layout :
Evelyn C. Frisch, Zurich

Contrôle technique :
Stephan Zingg, SZS

Textes :
Manfred Fischer (article de fond)
Evelyn C. Frisch (ef)

Traduction française : Pierre Boskovitz, Sainte-Croix

Photos et plans :
Page de titre : Katsuhisa Kida, Tokyo
Article de fond : Manfred Fischer, Stuttgart ; Alessandra Chemollo, Venise (page 5) ; Heinrich Helfenstein, Zurich (page 9) ; Eduard Hueber, New York (page 10)
Ponts en acier patinable : Thomas Lang, Manfred Fischer
Musée à Matsunoyama : Katsuhisa Kida, Tokyo
Musée à Kalkriese : Heinrich Helfenstein, Zurich ; Klemens Ortmeyer, Braunschweig ; Gigon & Guyer, Zurich

Sources :
Article de fond : Merkblatt 434, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf ; Detail 4/2005
Musée à Matsunoyama : Detail 4/2005
Musée à Kalkriese : plans de détail de Detail 1+2/2003
Les autres plans et données sur les projets proviennent de leurs auteurs.

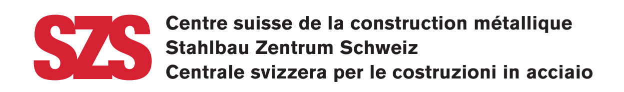
Administration :
Andreas Hartmann, SZS

Impression :
Kalt-Zehnder-Druck AG, Zoug

ISSN 0255-3104

Abonnement annuel Suisse CHF 40.–/étranger CHF 60.–
Numéros isolés CHF 15.–
Changement de tarif réservé

Construire en acier/steeldoc© est la documentation d'architecture du SZS Centre suisse de la construction métallique et paraît quatre fois par an en allemand et en français. Les membres du SZS reçoivent l'abonnement ainsi que les informations techniques du SZS gratuitement.



Seefeldstrasse 25
Case postale
CH-8034 Zurich
Tel. 044 261 89 80
Fax 044 262 09 62
info@szs.ch | www.szs.ch